



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **11326482 A**(43) Date of publication of application: **26.11.99**

(51) Int. Cl.

G01S 5/04
G01R 29/08
H04B 17/00

(21) Application number: **10128769**(71) Applicant: **ADVANTEST CORP**(22) Date of filing: **12.05.98**(72) Inventor: **KITAYOSHI HITOSHI**

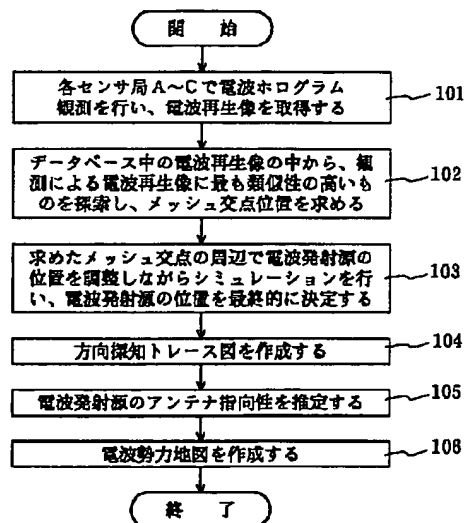
(54) **WIDE-AREA RADIO WAVE MONITORING
 METHOD AND DEVICE**

COPYRIGHT: (C)1999,JPO

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To plainly show the influential distribution of a radio wave from a radio wave emitting source by accurately estimating a position of the radio wave emitting source of a monitoring object by considering influence of topography and a land object, and estimating directivity of a transmission antenna in the radio wave emitting source.

SOLUTION: A radio wave reproducing image is acquired by observing a radio wave hologram in respective sensor stations (Step 101), and a candidate position (a mesh intersection position) of a radio wave generating source is determined by comparing the image with a previously prepared computer simulation result (Step 102). A position of a radio wave emitting source is finally decided by repeating the computer simulation while changing a position of the radio wave generating source in the vicinity of the candidate position (Step 103). In the computer simulation, radio wave propagating simulation is performed by considering influence of topography and a land object by using map information.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-326482

(43) 公開日 平成11年(1999)11月26日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

F I

G 0 1 S 5/04

G 0 1 S 5/04

G 0 1 R 29/08

G 0 1 R 29/08

B

H 0 4 B 17/00

H 0 4 B 17/00

C

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号

特願平10-128769

(22) 出願日

平成10年(1998) 5月12日

(71) 出願人 390005175

株式会社アドバンテスト

東京都練馬区旭町1丁目32番1号

(72) 発明者 北吉 均

東京都練馬区旭町1丁目32番1号 株式会

社アドバンテスト内

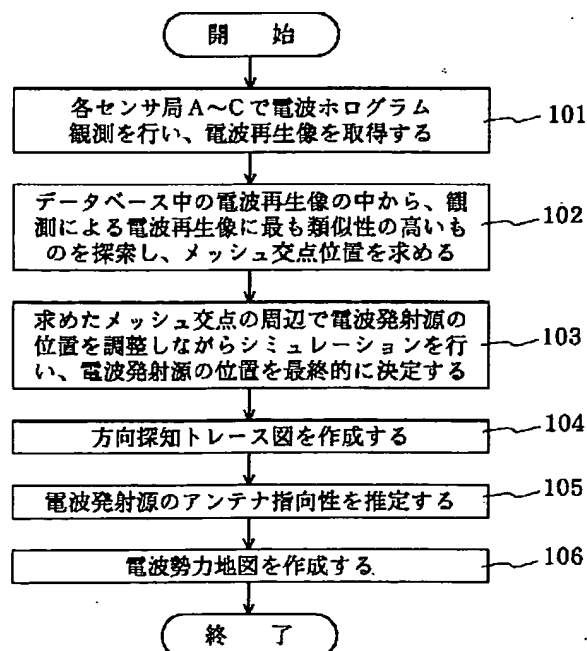
(74) 代理人 弁理士 若林 忠 (外4名)

(54) 【発明の名称】 広域電波監視方法及び装置

(57) 【要約】

【課題】地形や地物の影響を考慮し、監視対象の電波発射源の位置を精度良く推定するとともに、電波発射源での送信アンテナの指向性を推定し電波発射源からの電波の勢力分布を分かりやすく示す。

【解決手段】各センサ局において電波ホログラム観測を行って電波再生像を取得し(ステップ101)、予め用意してある計算機シミュレーション結果と比較して電波発生源の候補位置(メッシュ交点位置)を求める(ステップ102)。候補位置の近傍で電波発生源の位置を変化させながら計算機シミュレーションを繰り返して、電波発射源の位置を最終的に決定する(ステップ103)。計算機シミュレーションでは、地図情報を利用して、地形や地物の影響を考慮した電波伝搬のシミュレーションを行う。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 一定の地域内において電波発射源からの電波を監視する広域電波監視方法であって、

1以上のセンサ局を配置し、

前記地域内の複数の地点の各々について、当該地点に電波発射源があるとしたときの前記センサ局での電波の到来方向を、地図情報を利用する計算機シミュレーションによって算出し、

前記センサ局において、伝搬経路ごとに分離して前記電波発射源からの電波の到来方向を観測し、

観測した電波の到来方向と前記計算機シミュレーションの結果とを比較し、前記計算機シミュレーションの結果の中から、観測した電波の到来方向と最も類似性が高い到来方向を示すものを探索して対応する地点を候補位置として判別し、

前記候補位置の周辺に前記電波発射源があるとして前記電波発射源の位置を調整しながら計算機シミュレーションを実行して前記電波発射源の位置を決定する、広域電波監視方法。

【請求項2】 決定した位置に電波発射源を配置して電波伝搬の計算機シミュレーションを実行し伝搬経路のトレースを行う、請求項1に記載の広域電波監視方法。

【請求項3】 前記センサ局で到来方向ごとに電波の強度も観測するものとし、

前記伝搬経路のトレースの実行後、前記センサ局での前記各伝搬経路ごとの観測された振幅と、前記センサ局での前記各伝搬経路ごとの計算機シミュレーションでの振幅とを比較し、前記電波発射源のアンテナ指向性を推定する請求項3に記載の広域電波監視方法。

【請求項4】 推定したアンテナ指向性と前記センサ局での前記各伝搬経路ごとの観測された振幅とを利用して、所定の地域内における前記電波発射源からの電波の電界強度分布を算出する請求項4に記載の広域電波監視方法。

【請求項5】 前記センサ局において電波ホログラム観測によって電波の到来方向を決定する請求項1乃至4いずれか1項に記載の広域電波監視方法。

【請求項6】 一定の地域内において電波発射源からの電波を監視する広域電波監視装置であって、

地図情報に基づいて電波伝搬の計算機シミュレーションを実行するシミュレーション装置と、

前記電波発射源からの電波の到来方向を観測する1以上のセンサ局と、

計算機シミュレーションによる前記センサ局での到来方向が観測による前記センサ局での到来方向に対して最大の類似性を有するように、電波発射源の位置を変化させながら前記シミュレーション装置に計算機シミュレーションを実行させ、電波発射源の位置を決定し、前記シミュレーション装置での計算機シミュレーションによって

手段と、を有する広域電波監視装置。

【請求項7】 前記地域内の複数の地点の各々について、当該地点に電波発射源があるとしたときの前記センサ局での電波の到来方向を前記シミュレーション装置によって予め計算機シミュレーションさせた結果を保持するデータベースと、

前記データベース中の結果のうち、前記センサ局での観測による到来方向の最も類似性の高いものを検索して対応する地点を候補位置とする比較手段と、をさらに有

10 し、

前記方向探知トレース図作成手段は、前記候補位置の周辺で前記電波発射源の位置を変化させる請求項6に記載の広域電波監視装置。

【請求項8】 前記センサ局が到来方向ごとに電波の強度も観測するものであり、

前記方向探知トレース図作成手段が、前記センサ局での前記各伝搬経路ごとの観測された振幅と、前記センサ局での前記各伝搬経路ごとの計算機シミュレーションでの振幅とを比較し、前記電波発射源のアンテナ指向性を推定する請求項6または7に記載の広域電波監視装置。

【請求項9】 推定したアンテナ指向性を利用して、所定の地域内における前記電波発射源からの電波の電界強度分布を算出して電波勢力地図として出力する電波勢力地図作成手段をさらに有する請求項8に記載の広域電波監視装置。

【請求項10】 前記センサ局において電波ホログラム観測によって電波の到来方向を決定する請求項6乃至9いずれか1項に記載の広域電波監視装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、一定の地域内で電波監視を行う方法及び装置に関し、特に、不法無線局などの電波発射源の位置を特定し、電波利用環境を監視する広域電波監視方法及び装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、ある地域内にある不法無線局などの電波発射源の位置を特定する際には、複数の地点にセンサ局（監視局）を配置して、各センサ局において八木・宇田アンテナやゴニオメータなどを用いてその電波発射源からの電波の到来方向を観測し、それぞれのセンサ局での到来方向を地図上にプロットしてその交点の位置からその電波発射源の位置を推定していた。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】上述した従来の方法は、監視対象の電波発射源からの電波がセンサ局まで単一の経路で直進して伝搬することを仮定している。しかしながら、電波発射源からの電波は、実際には、地形やビルなどの地物によって回折や反射し、そのため直進しないで伝搬することがある。また、電波発射源からの電

ス)を通して、センサ局に到来することがある。従来の方法によって監視対象の電波発射源の位置を推定した場合、電波が曲がって伝搬することや複数の経路で伝搬することにより、電波発射源の位置の推定精度が悪くなるという問題点を生じる。

【0004】電波監視の目的は、単に不法無線局を見つけるだけでなく、干渉や混信の有無やその要因を調べてよりよい電波利用環境を提供することにある。干渉や混信の要因を調べるためには、電波発射源からの伝搬経路や電界強度分布を知ることが有効である。しかしながら、上述した従来の方法は、監視対象の電波発射源の位置の特定のみを目的としたものであって、電波発射源が正規に運用している無線局であるか不法無線局であるかを問わず、その電波発射源からの電波がセンサ局に対してどのように伝搬するかを求めたり、その電波発射源からの電波の電界強度分布を求めたりすることができないという問題点も有する。

【0005】本発明の目的は、地形や地物の影響を考慮し、監視対象の電波発射源の位置を精度良く推定できる広域電波監視方法及び装置を提供することにある。さらに本発明は、電波発射源での送信アンテナの指向性を推定でき、また、電波発射源からの電波の勢力分布を分かりやすく示すことができる広域電波監視方法及び装置を提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明の広域電波監視方法は、一定の地域内において電波発射源からの電波を監視する広域電波監視方法であって、1以上のセンサ局を配置し、地域内の複数の地点の各々について、当該地点に電波発射源があるとしたときのセンサ局での電波の到来方向を、地図情報を利用する計算機シミュレーションによって算出し、センサ局において、伝搬経路ごとに分離して電波発射源からの電波の到来方向を観測し、観測した電波の到来方向と計算機シミュレーションの結果とを比較し、計算機シミュレーションの結果の中から、観測した電波の到来方向と最も類似性が高い到来方向を示すものを探索して対応する地点を候補位置として判別し、候補位置の周辺に電波発射源があるとして電波発射源の位置を調整しながら計算機シミュレーションを実行して電波発射源の位置を決定する。

【0007】本発明の広域電波監視装置は、一定の地域内において電波発射源からの電波を監視する広域電波監視装置であって、地図情報に基づいて電波伝搬の計算機シミュレーションを実行するシミュレーション装置と、電波発射源からの電波の到来方向を観測する1以上のセンサ局と、計算機シミュレーションによるセンサ局での到来方向が観測によるセンサ局での到来方向に対して最大の類似性を有するように、電波発射源の位置を変化させながらシミュレーション装置に計算機シミュレーション

シミュレーション装置での計算機シミュレーションによって電波の伝搬経路をトレースする方向探知トレース図作成手段と、を有する。

【0008】本発明によれば、地図情報を利用して計算機シミュレーションを行うことにより、地形や地物の影響を考慮して電波の曲がって伝搬することを含めて到来経路の推定を行うことができる。また、各センサ局において伝搬経路ごとに電波到来方向と強さを分離して観測することにより、電波発射源のアンテナ指向性や送信電力、地形上の反射・回折点を推定できる。さらに、電波強度分布を計算再合成することで、電波勢力地図を作成することができる。伝搬経路ごとの成分を分離して観測するためには、各センサ局において電波ホログラム観測を行うとともに、電波ホログラム観測によって得られた電波再生像から到来方向や強度を求めるようにすることが好ましい。

【0009】

【発明の実施の形態】次に、本発明の好ましい実施の形態について、図面を参照して説明する。図1は本発明に基づく広域電波監視の概念を説明する図、図2は本発明の実施の一形態の広域電波監視装置の構成を示すブロック図、図3は図2の広域電波監視装置を用いた広域電波監視の実行手順を示すフローチャートである。

【0010】まず、本発明に基づく広域電波監視の概要について、図1を用いて説明する。

【0011】ここでは、電波発射源10は周波数 f_1 の電波を発射するものとする。監視区域内での電波監視を行うために、センサ局（監視局）A～Cが配置しており、これらセンサ局A～Cは、回線12を介してセンタ局11に接続している。電波発射源10からの電波はセンサ局A～Cに伝搬するが、山岳やその他の地物の影響により、電波発射源からセンサ局へ直接伝搬する成分（直接波）の他、回折して伝搬する成分（回折波）や反射して伝搬する成分（反射波）が存在する。本発明では、各センサ局A～Cにおいて、伝搬経路ごとの成分を分離してその到来方向や強度を求めるために、電波ホログラム観測を行い、電波像を再生することとする。なお、伝搬経路ごとの成分を分離して観測できるのであれば、電波ホログラム観測によらずに従来の方向探知技術を用いてもよい。

【0012】電波も波動の一種であるから、光のホログラムの場合と同様にホログラム観測を行うことができ、ホログラムを再生することによって電波再生像が得られ、この電波再生像から波源分布や強度などを調べることができる。

【0013】センタ局11は、予め地形データや地物データに基づく計算機シミュレーションによって各センサ局で得られるであろう再生電波像をいくつか用意し、実際に各センサ局で得られた電波再生像とシミュレーシ

源10の位置を決定し、また、方向探知トレース図13及び電波勢力地図14を作成、出力する。

【0014】図2は、このような広域電波監視を行うための広域電波監視装置の構成を示している。各センサ局A～Cには、電波ホログラム観測を行って電波再生像を出力する電波ホログラム観測再生装置21が設けられている。電波ホログラム観測再生装置21は、例えば、固定アンテナと走査観測面内を走査する走査アンテナとを備え、所定の観測周波数において固定アンテナでの受信信号と走査アンテナでの受信信号を相関させることによって走査観測面の各点での相関値（2次元複素インタフェログラム）を求め、この2次元複素インタフェログラムを再生することによって、電波再生像を得る。この電波ホログラム観測再生装置21としては、また、本発明者による特開平8-201459号公報や特開平9-134113号公報に開示されているもの、さらには、特願平9-226601号（「円周走査型ホログラム観測方法及び装置」）に記載されているものを使用することができる。

【0015】ここでは、3つのセンサ局（監視局）A～Cが設けられているが、センサ局の数は3に限定されるものではない。センサ局の数は1局でも2局でもよく、あるいは4局以上としてもよい。

【0016】センサ局11には、電波伝搬や電波再生像を計算機シミュレーションするためのシミュレーション装置23と、シミュレーション装置23によって予めシミュレーションを行った結果を格納しておくデータベース26と、比較手段であって、各センサ局A～Cで観測された電波再生像とシミュレーションによる電波再生像とを比較する比較部27と、方向探知トレース図作成手段であって、電波発射源の位置を決定するとともに方向探知トレース図を作成、出力する方向探知トレース図作成部28と、電波勢力地図作成手段であって、電波勢力地図を作成、出力する電波勢力地図作成部29とが設けられている。シミュレーション装置23は、地図、地形や地物に関する情報（地図情報）を格納した地図情報格納部24と、地図情報を参照し、地図上のある点に電波発射源があるとして電波伝搬のシミュレーションを行う電波伝搬シミュレータ25とを備えている。近年の地理情報システム（GIS）の進歩により、電波伝搬シミュレータ25で必要とする地図情報は、容易に得られるようになってきている。電波伝搬シミュレータ25は、例えば、レイトレス法（IEEE Network Magazine, pp. 27-30, November, 1991）やモーメント法（R. F. Harrington, "Field Computation by Moment Methods," IEEE Press, 1993）などを用い、地図上の1点に任意の指向性を有する送信局（電波発生源）が存在したときに生じる電界強度分布を計算機シミュレーションし、センサ局位置での電波の到来方向やその強度を求め電波再生像を計

【0017】データベース26に予め格納されるシミュレーション結果は、監視区域内を例えば300m間隔のメッシュで区切り、メッシュの格子点上に無指向性アンテナを有する送信局が配置している場合に各センサ局A～Cで観測されるであろう電波再生像を各格子点ごとにシミュレーション装置23で求めた結果である。

【0018】比較部27は、データベース26に蓄積されているシミュレーションによる電波再生像と各センサ局A～Cでの電波ホログラム観測によって得られた電波再生像を比較することによって、データベース26中の電波再生像の中から、観測による電波再生像に最も類似性の高いものを探索し、探索された（シミュレーションによる）電波再生像に対応するメッシュ交点の位置を求める。類似性の比較では、通常のパターンマッチングの手法を用いることができ、例えば、電波再生像における電波の最大レベルが0dBであるとすれば、電波レベルが-40dB以上の部分のパターンを比較し、図形としての相関係数を求めるといった手法を用いる。もっとも、この時点では、電波発射源のアンテナ指向性が分からないので、電波の到来方向に主に着目して類似性の高いものを探索するようにする。

【0019】方向探知トレース図作成部28は、比較部27での処理で探索されたメッシュ交点周辺に送信局（電波発射源）があると仮定し、さらに細かな位置の調整を行った場合の電波伝搬の計算機シミュレーションをシミュレーション装置23に実行させ、観測結果による電波再生像とこの位置の微調整を行ったときのシミュレーションによる電波再生像とを比較し、より類似性の高い電波発射源位置を決定する。そして、決定した電波発射源位置から各センサ局A～Cまでの電波伝搬路のトレースを行って方向探知トレース図を作成、出力し、さらに、トレース結果をもとに、電波発射源でのアンテナ指向性を推定する。方向探知トレース図及びアンテナ指向性の推定については、後述する。

【0020】電波勢力地図作成部29は、方向探知トレース図作成部28で求めた電波発射源位置及び電波発射源のアンテナ指向性の推定結果をもとに、シミュレーション装置23に電波伝搬の計算機シミュレーションを実行させ、地図上でのその電波発射源からの電波の電界強度分布を計算し、その電波発射源の電波勢力地図として表示、印刷する。電波勢力地図の表示手法としては、電界強度に応じて色調を変える方法や、等高線を用いる方法、これらを併用する方法などがある。

【0021】以上、説明した本実施形態の広域電波監視装置での処理をまとめると、図3に示すフローチャートようになる。ここでは、地図上のメッシュ交点に電波発射源があることを仮定した計算機シミュレーション結果が予めデータベース26に蓄積されているものとする。

観測を行って、電波再生像を取得し（ステップ101）、比較部27において、データベース26中のシミュレーションによる電波再生像の中から、実際の観測による電波再生像に最も類似性の高いものを探索し、その電波再生像に対応するメッシュ交点の位置を電波発射源の候補位置とする（ステップ102）。次に、方向探知トレース図作成部28に制御が移り、候補位置のメッシュ点の周辺で電波発射源の細かく調整しながら計算機シミュレーションを行い、電波発射源の位置を最終的に決定する（ステップ103）。決定した電波発射源の位置に基づいて電波伝搬経路のトレースを行って方向探知トレース図を作成し（ステップ104）、電波発射源の送信アンテナの指向性の推定を行う（ステップ105）。最後に、電波勢力地図作成部29に制御が移り、地図上での電界強度分布を求めて電波勢力地図を作成、出力する（ステップ106）。

【0023】以上説明した処理は、単一の電波発射源に対してのみではなく、複数の電波発射源に対して適用できるので、ここで述べた広域電波監視方法によれば、複数の電波発射源（送信局）のそれぞれについてのカバーエリアや、干渉状況を地図上で監視することができる。

【0024】次に、方向探知トレース図の詳細について説明する。図4は方向探知トレース図の一例を示している。

【0025】この方向探知トレース図13では、点Qに電波発射源（仮定した送信局）があり、この電波発射源からの電波の伝搬経路が矢印で示されている。図中、三角形の印と等高線は山岳を示し、ハッチングは地物を示している。この方向探知トレース図13からは、電波発射源からの電波が、センサ局Aへは直接波（ P_1 ）及び山岳による反射波（ P_2 ）として伝搬し、センサ局Bには直接波（ P_3 ）及び地物による反射波（ P_4 ）として伝搬し、センサ局Cには、山岳による回折波（ P_5 ）及び地物による反射波（ P_6 ）として伝搬することが分かる。ここでは、2次元的方向探知トレース図を説明したが、3次元（立体的）に電波伝搬経路のトレースを行って表示、出力を行わせるようにしてもよい。

【0026】次に、電波発射源での送信アンテナの指向性の推定について、図5を用いて説明する。

【0027】各センサ局A～Cで観測される電波再生像から、伝搬経路ごとの電波の到来方向とその強度を抽出する。図5(a)～(c)は、それぞれセンサ局A～Cでの観測による電波の振幅を示している。太線の矢印の向きがその伝搬経路の電波の到来方向を示し、その矢印の長さが電波の振幅を示している。図示した例では、伝搬経路ごとの振幅が、 $a_1, a_2, b_1, b_2, c_1, c_2$ となっている。一方、シミュレータ装置23によって、すでに求めた電波発射源の位置に無指向性の送信アンテナがあつてそこから電波が発射されているものとして、電波伝搬シ

～Cでの電波の振幅を求める。図5(d)～(f)は、それぞれセンサ局A～Cでのシミュレーションによる電波の振幅を示しており、伝搬経路ごとの振幅は、 $a_1', a_2', b_1', b_2', c_1', c_2'$ となっている。そして、伝搬経路 $P_1, P_2, P_3, P_4, P_5, P_6$ ごとに観測による振幅をシミュレーションによる振幅で除算することによって、電波発射源の位置での各伝搬経路の方向への、送信アンテナの指向性を求めることができる。図5(g)において黒丸は各伝搬経路の方向への指向性を示している。そして、想定されるアンテナの種類などを考慮して補間計算を行えば、任意の方向に対する指向特性を算出することができる。図5(g)の破線はこうにして算出した指向特性を示している。

【0028】以上説明した送信アンテナの指向性の推定において、シミュレーションにおいて無指向性アンテナを仮定するのではなく、例えばダイポール特性などの指向性を仮定し、観測された振幅とシミュレーションによる振幅の比から、仮定した指向性からのずれとして、送信アンテナの指向性を推定するようにしてもよい。また、図5では、電波の到来方向や指向性を平面（2次元）内で取り扱っているが、3次元で電波の到来方向を扱うことにより、3次元での指向性を推定することが可能である。

【0029】

【発明の効果】以上説明したように本発明は、センサ局において伝搬経路ごとに電波到来方向を分離して観測するとともに、地形や地物を考慮した電波伝搬の計算機シミュレーション結果と組み合わせることにより、電波の直進性の仮定が妥当でなかったり、回折・反射が存在するような場合であっても、電波発射源の位置を正確に決定することができるという効果がある。また、計算機シミュレーションを用いることによって電波発射源からセンサ局までの電波の伝搬経路をトレースすることができ、電波発射源の送信アンテナ指向性を推定することができ、これらから、電波発射源からの電波の電界強度分布を推定することができて、電波の利用環境を適切に監視することができるようになるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に基づく広域電波監視の概念を説明する図である。

【図2】本発明の実施の一形態の広域電波監視装置の構成を示すブロック図である。

【図3】図2の広域電波監視装置を用いた広域電波監視の実行手順を示すフローチャートである。

【図4】方向探知トレース図の一例を示す図である。

【図5】電波発射源の送信アンテナの指向性の推定を説明する図であつて、(a)～(c)はそれぞれセンサ局A～Cでの観測による伝搬経路ごとの電波の振幅の例を示す図、(d)～(f)はそれぞれ無指向性アンテナを仮定してシ

9

10

経路ごとの電波の振幅の例を示す図、(g)は(a)～(f)の結果に基づいて推定した送信アンテナの指向性を示す図である。

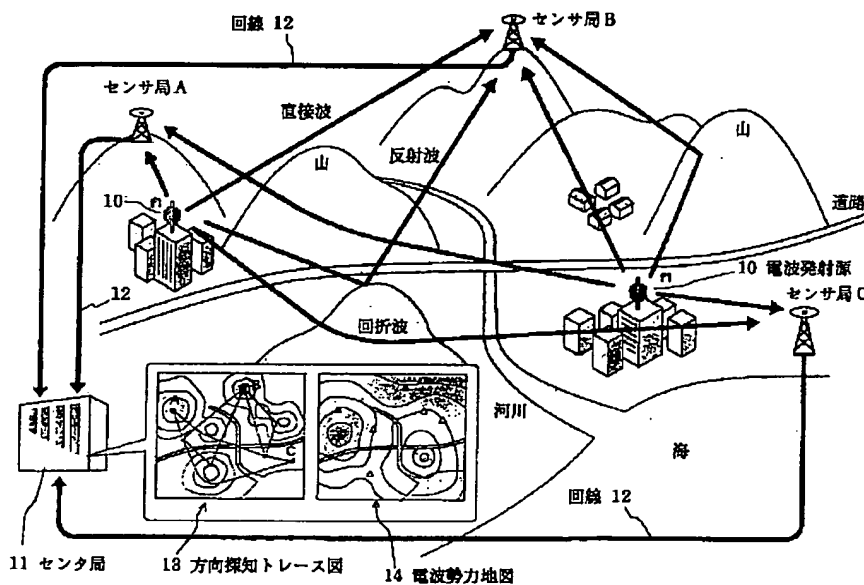
【符号の説明】

- 10 電波発射源
11 センタ局
12 回線
13 方向探知トレース図
14 電波勢力地図
21 電波ホログラム観測再生装置

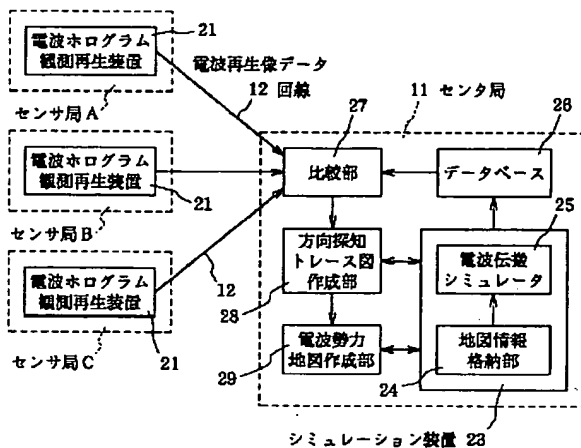
- 23 シミュレーション装置
24 地図情報格納部
25 電波伝搬シミュレータ
26 データベース
27 比較部
28 方向探知トレース作成部
29 電波勢力地図作成部
101～106 ステップ
A～C センサ局

10

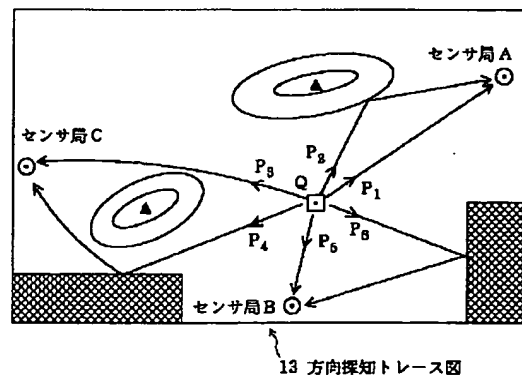
【図1】



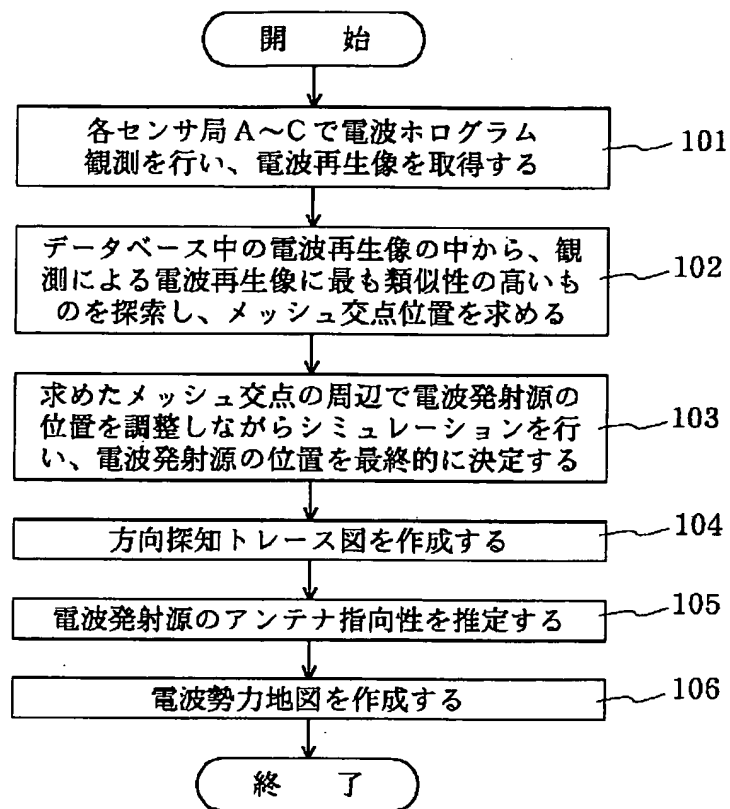
【図2】



【図4】



【図3】



【図5】

